



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 53 438.1

Anmeldetag: 12. November 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Wellenleiterkreuzung

IPC: G 02 B 6/125

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Kahle

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung: Wellenleiterkreuzung.

- 5 Die Erfindung betrifft eine Wellenleiterkreuzung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Durch eine zunehmende Integrationstiefe in planaren optischen Schaltkreisen (PLC - Planar Light Circuit) lassen sich
10 Wellenleiterkreuzungen immer weniger vermeiden. Beispielsweise werden Abschwächereinheiten dafür eingesetzt, eine kanalabhängige Abschwächung der Pegel der Signale einzelner Datenkanäle eines Arrays von Wellenleitern vorzunehmen. Durch eine kanalabhängige Schwächung können
15 unterschiedliche Pegel abgeglichen werden (Equalizing). Zur messtechnischen Überwachung der einzelnen Kanäle des Arrays wird ein kleiner Teil der optischen Leistung (üblicherweise zwischen einem und zehn Prozent) ausgekoppelt und einer Auswerteinheit etwa in Form eines seitlich montierten Arrays
20 von Fotodioden zugeführt. Dabei kreuzt jeder Überwachungswellenleiter auf seinem Weg zu einer Fotodiode zwischen 0 und $n-1$ Wellenleiter des Arrays, je nach Kanal. Die Überkreuzungen der Überwachungswellenleiter mit den signalführenden Wellenleitern des Arrays führen zu kanalabhängigen Verlusten und zu einem Nebensprechen der anderen Wellenleiter des Arrays.

Allgemein weisen Wellenleiterkreuzungen den Nachteil auf, dass sie zum einen einen Signalverlust bewirken und zum
30 anderen ein Nebensprechen zwischen den sich kreuzenden Wellenleitern herbeiführen. Es ist dabei bekannt, dass der Signalverlust und das Nebensprechen mit wachsendem Kreuzungswinkel sinken. Um ein Nebensprechen und einen Signalverlust in einer Wellenleiterkreuzung gering zu halten,
35 ist es dementsprechend sinnvoll, möglichst große Kreuzungswinkel von größer 40° zu realisieren. Dies führt jedoch nachteilig zu größeren Chip-Dimensionen.

Aus der DE 100 64 579 A1 ist eine Wellenleiterkreuzung bekannt, bei der einer der sich kreuzenden Wellenleiter im Kreuzungsbereich unterbrochen ausgebildet ist. Diese Lösung
5 eignet sich vor allem für Wellenleiterkreuzungen, bei denen die sich kreuzenden Wellenleiter im Wesentlichen senkrecht zueinander angeordnet sind.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine
10 Wellenleiterkreuzung zur Verfügung zu stellen, die zu möglichst geringen Signalverlusten und einem möglichst geringen Nebensprechen führt und die dabei auch bei relativ kleinen Kreuzungswinkeln einsetzbar ist.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Wellenleiterkreuzung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

20 Danach zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung dadurch aus, dass mindestens einer der beiden sich kreuzenden Wellenleiter im Kreuzungsbereich eine verringerte Querschnittsfläche aufweist und/oder im Kreuzungsbereich lokal unter einem vergrößerten Kreuzungswinkel gegenüber dem anderen
Wellenleiter geführt ist.

Gemäß einem ersten Aspekt der erfindungsgemäßen Lösung werden die sich kreuzenden Wellenleiter im Kreuzungsbereich somit im Querschnitt reduziert, d. h. der einander durchdringende
30 Bereich der beiden Wellenleiter ist gegenüber dem Fall, dass die Wellenleiter ohne eine Verengung einander kreuzen würden, reduziert. Hierdurch werden der Kreuzungsverlust und das Nebensprechen erheblich reduziert. Nach der Verengung im Kreuzungsbereich weiten sich die Wellenleiter wieder zu ihrer
35 ursprünglichen Querschnittsfläche auf.

Ein Verringern des Wellenleiterquerschnitts kann durch eine verringerte Breite (parallel zur Substratoberfläche), eine verringerte Höhe (vertikal zur Substratoberfläche) oder eine Verringerung sowohl der Breite als auch der Höhe des Wellenleiters erfolgen. In der Regel wird eine Variation der Breite des Wellenleiters herstellungstechnisch einfacher zu realisieren sein.

Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung sieht lokal eine Erhöhung des Kreuzungswinkels der sich kreuzenden Wellenleiter vor, d.h. der Kreuzungswinkel der Wellenleiter im Kreuzungsbereich ist größer als außerhalb des Kreuzungsbereiches. Hierdurch werden der Kreuzungsverlust und ein Nebensprechen reduziert. Da der Kreuzungswinkel lediglich lokal verändert ist und die Wellenleiter außerhalb des Kreuzungsbereichs unter einem kleineren Winkel zueinander verlaufen, führt die lokale Vergrößerung des Kreuzungswinkels nicht zu einem vergrößerten Platzbedarf und größeren Chipdimensionen.

20

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erstgenannten Erfindungsaspekts ist der sich verjüngende Bereich bzw. der sich aufweitende Bereich des Wellenleiters durch einen Taper, insbesondere Lineartaper ausgebildet. Taper, auch als Hornstrukturen bezeichnet, sind Wellenleiterstrukturen, die sich entlang der Ausbreitungsrichtung der optischen Welle so langsam („adiabatisch“) verändern, dass die Verteilung der optischen Leistung über die lokalen Eigenmoden während der Ausbreitung erhalten bleibt. Dies ist besonders bei einem linearen Verkleinern des Wellenleiterquerschnitts, wie er in einem Lineartaper erfolgt, der Fall.

30

Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass sich der Lineartaper bis zum Kreuzungsbereich um maximal 50 % ausgehend von seiner Ausgangsbreite verjüngt. Bevorzugt beträgt der Grad der Verjüngung zwischen 10 und 30 %, besonders bevorzugt 15 %. Beispielsweise verjüngt sich der Wellenleiter im Bereich des

35

Lineartapers über eine Länge von etwa 400 μm ausgehend von einer Breite von 6 μm um 0,5 bis 3 μm , insbesondere um 1 bis 2 μm , insbesondere um 1 μm . Dabei ist zu berücksichtigen, dass es mit der Verjüngung des Wellenleiters zu einer sukzessiven Verschlechterung der Wellenführung und damit zu einer zunehmenden Neigung zur Abstrahlung kommt. Zu große Einschnürungen führen daher zu großen Zusatzverlusten.

10 Eine Verjüngung des Wellenleiters bzw. eine Querschnittsreduktion im Kreuzungsbereich erfolgt bevorzugt bei beiden sich kreuzenden Wellenleitern, wodurch die Kreuzungsverluste besonders stark reduziert werden:

15 In einer bevorzugten Ausgestaltung des zweiten Erfindungsaspekts erfolgt eine lokale Änderung der Wellenleiterverlaufs zur Erhöhung des Kreuzungswinkels durch eine Mehrzahl von asymmetrisch ausgebildeten Lineartapern. Eine asymmetrische Ausbildung der Lineartaper ist dabei vorgesehen, um lokal einen anderen Kreuzungswinkel zur Verfügung zu stellen.

20 Bevorzugt weist dabei mindestens ein Wellenleiter im Kreuzungsbereich vier Lineartaper auf, wobei der Wellenleiter sich im ersten Lineartaper verjüngt, sich im zweiten Lineartaper aufweitet, sich im dritten Lineartaper verjüngt und sich im vierten Lineartaper wieder aufweitet, und wobei die eigentliche Wellenleiterkreuzung im Bereich der beiden mittleren Lineartaper erfolgt. Bevorzugt sind beide Wellenleiter auf diese Weise ausgebildet.

30 Die Asymmetrie der Lineartaper ist bevorzugt dadurch ausgebildet, dass eine Verjüngung bzw. Aufweitung jeweils auf nur einer Längsseite des Wellenleiters stattfindet, während die andere Längsseite geradlinig verläuft. Eine solche Asymmetrie weist den Vorteil eines einfachen Designs auf und lässt sich relativ einfach herstellen. Bevorzugt grenzen beim ersten und beim zweiten Lineartaper sowie beim dritten und

beim vierten Lineartaper jeweils zwei geradlinige Seiten aneinander. Beim zweiten und beim dritten Lineartaper sind die geradlinig verlaufenden Längsseiten dagegen auf unterschiedlichen Seiten ausgebildet. Hierdurch entsteht eine Schrägstellung des zweiten und dritten Bereichs gegenüber der ursprünglichen Verlaufsrichtung des Wellenleiters, die zu einem lokal erhöhten Kreuzungswinkel führt.

In einer alternativen Ausgestaltung wird ein lokal veränderter Kreuzungswinkel durch einen im Kreuzungsbereich in einem Bogen geführten Wellenleiterabschnitt gebildet.

Die erfindungsgemäße Wellenleiterkreuzung wird bevorzugt an einmodigen integrierten Wellenleitern verwirklicht, wie sie in planaren optischen Schaltkreisen üblicherweise eingesetzt werden. Grundsätzlich kann die erfindungsgemäße Wellenleiterkreuzung jedoch auch an mehrmodigen Wellenleitern realisiert werden.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer ersten Wellenleiterkreuzung mit zwei im Kreuzungsbereich verzögerten Wellenleitern;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Wellenleiterkreuzung mit zwei sich kreuzenden Wellenleitern, die im Kreuzungsbereich jeweils vier asymmetrisch ausgebildete Lineartaper zur lokalen Erhöhung des Kreuzungswinkels aufweisen;

Figur 3 eine vergrößerte Darstellung des Kreuzungsbereichs der Figur 2;

Figur 4 ... die Verringerung der Einfügeverluste in
Abhängigkeit vom Kreuzungswinkel bei einer
Wellenleiterkreuzung gemäß Figur 1;

- 5 Figur 5 die Verringerung der Einfügeverluste in
Abhängigkeit vom Kreuzungswinkel bei einer
Wellenleiterkreuzung gemäß den Figuren 2 und 3;

10 Figur 6 einen Querschnitt durch einen integriert optischen
Schaltkreis und

15 Figur 7 schematisch eine dritte Wellenleiterkreuzung mit
zwei sich kreuzenden Wellenleitern, wobei eine
lokale Erhöhung der Kreuzungswinkel durch eine
bogenförmige Führung eines Wellenleiters erreicht
ist.

20 Die Figur 1 zeigt eine Wellenleiterkreuzung mit einem ersten
Wellenleiter 1 und einem zweiten Wellenleiter 2. Die
Wellenleiter 1, 2 sind integriert optisch ausgebildet,
beispielsweise in dem Materialsystem SiO_2/Si , wie in Figur 6
beispielhaft dargestellt.

30 Gemäß Figur 6 weist ein planarer optischer Schaltkreis 100
einen Siliziumwafer 140 auf, auf den zur Herstellung einer
gewünschten Wellenleiterstruktur drei SiO_2 -Schichten mit
verschiedenen Brechungsindizes abgeschieden werden, die als
Puffer-, Kern- und Deckschicht bezeichnet werden. Die
Pufferschicht 110 grenzt dabei an das Siliziumsubstrat 140
an. Die Kernschicht befindet sich zwischen der Pufferschicht
110 und der äußeren Deckschicht 120.

35 Bevor die Kernschicht mit der Deckschicht 120 abgedeckt wird,
wird sie mit Hilfe einer fotolithographisch hergestellten
Maske und eines Ätzverfahrens strukturiert, so dass nur noch
einzelne Rippen dieser Schicht stehen bleiben. Diese Rippen
130 werden mit der Deckschicht 120 überschichtet und bilden

den lichtführenden Wellenleiterkern der planaren optischen Schaltung. Beispielsweise befinden sich die lichtführenden Wellenleiterkerne 130 etwa 20 μm tief vergraben in einem ca. 40 μm dicken SiO_2 -Schichtensystem 110, 120. Sie weisen

5 typischerweise einen Querschnitt von ca. 6 μm mal 6 μm auf. Zur Einkopplung von Licht in den jeweiligen Wellenleiterkern 130 wird an der Stirnfläche des Chips mit dem planaren optischen Schaltkreis eine optische Glasfaser positioniert, wie es an sich bekannt ist, so dass hierauf nicht weiter

10 eingegangen wird.

Die Figur 1 zeigt also zwei Lichtwellenleiter 1, 2, die beispielsweise entsprechend der Figur 6 in einem planaren optischen Substrat ausgebildet sind. Die Bezugszeichen 1, 2

15 bezeichnen dabei genau genommen den jeweiligen Wellenleiterkern.

Die Wellenleiter 1, 2 weisen eine Ausgangsbreite a_1 , b_1 auf, die jeder Wellenleiter 1, 2 sowohl vor als auch nach der

20 Wellenleiterkreuzung aufweist und die die „normale“ Breite der Wellenleiter 1, 2 darstellt. In der Regel werden dabei die beiden Wellenleiter 1, 2 die gleiche Breite aufweisen, d.h. $a_1 = b_1$, obgleich dies nicht notwendigerweise der Fall ist.

Die Wellenleiter 1, 2 weisen im Kreuzungsbereich jeweils zwei Lineartaper 11, 12, 21, 22 auf, die sich ausgehend von der Ausgangsbreite a_1 , b_1 bis zur Kreuzungsmitte 8 verengen bzw. anschließend an die Kreuzungsmitte 8 aufweiten. In Richtung X

30 eines betrachteten Lichtsignals, das im Lichtwellenleiter 1 geführt wird, verengt sich der Wellenleiter 1 somit zunächst in dem ersten Lineartaper 11 und weitet sich nach der Wellenleiterkreuzung 8 im zweiten Lineartaper 12 wieder auf die ursprüngliche Breite auf. Gleiches gilt für den

35 kreuzenden Wellenleiter 2.

Die Länge eines Tapers 11, 12, 21, 22 beträgt bevorzugt etwa 400 μm . Die beiden kreuzenden Wellenleiter 1, 2 verjüngen sich dabei um bevorzugt etwa 0,5 μm bis 3 μm , insbesondere um 1 μm .

5

Ein Verringern des Wellenleiterquerschnitts kann grundsätzlich durch eine verringerte Breite, eine verringerte Höhe oder eine Verringerung sowohl der Breite als auch der Höhe des Wellenleiters erfolgen. Im dargestellten schematischen Ausführungsbeispiel erfolgt im Lineartaper eine Reduzierung der Breite des Wellenleiters; es handelt sich um einen lateralen Lineartaper. Ergänzend oder alternativ kann jedoch auch ein vertikaler Taper vorgesehen sein, bei dem sich die Höhe des Wellenleiters zur Kreuzungsmitte der Wellenleiterkreuzung hin reduziert.

10

15

Der Erfolg der beschriebenen technischen Lösung zur Reduzierung von Signalverlusten und eines Nebensprechens in einer Wellenleiterkreuzung wurde experimentell bestätigt und ist grafisch in der Figur 4 dargestellt. Gemessen wurde dabei jeweils der Einfügeverlust eines Wellenleiters mit 40 bis 60 Wellenleiterkreuzungen für Kreuzungswinkel von 5 bis 85°. Unter Einfügeverlust wird dabei ein Wert bezeichnet, der die Differenz der Signalstärke im Wellenleiter im Einkoppelpunkt eines Lichtsignals und im Auskoppelpunkt nach Durchlaufen von 40 bis 60 Wellenleiterkreuzungen darstellt. Naturgemäß ist der Einfügeverlust umso geringer, je kleiner die Signalverluste und ein Nebensprechen an jeder Wellenleiterkreuzung sind.

20

30

In Figur 4 ist die Verbesserung des Einfügeverlustes in Abhängigkeit von dem Winkel der jeweiligen Wellenleiterkreuzungen dargestellt. Die Messungen wurden an Tapern vorgenommen, die ausgehend von einer Breite von 6 μm sich bis zur Kreuzungsmitte um 1 μm (Raute), um 2 μm (Quadrat) oder um 3 μm (Dreieck) verjüngen. Es ist zu erkennen, dass bei einer Verjüngung um 1 μm für

35

Kreuzungswinkel größer 20° eine Verringerung des Kreuzungsverlustes von 20 bis 60 % erreicht wird. Bei einer Verengung des Lineartapers um $2\text{ }\mu\text{m}$ wird der Kreuzungsverlust bei kleinen Winkeln und großen Winkeln nahe 90° verbessert.

- 5 Bei einer großen Einschnürung um $3\text{ }\mu\text{m}$ liegt eine Verringerung des Kreuzungsverlustes nur noch bei kleinen Winkeln vor. Dies hängt mit einer verstärkten Abstrahlung bei einer Verkleinerung des Wellenleiterquerschnitts zusammen.

- 10 Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren 2 und 3 dargestellt. Es sind wiederum zwei Wellenleiter 3, 4 einer definierten Breite bzw. eines definierten Querschnitts vorgesehen, die sich in einer Wellenleiterkreuzung kreuzen. Die Ausbildung der Wellenleiter
15 in einem Substrat erfolgt beispielsweise wie im Bezug auf die Figur 6 beschrieben.

- Wie insbesondere anhand der Figur 3 gut zu erkennen ist, weist jeder Wellenleiter 3, 4 im Kreuzungsbereich vier
20 Lineartaper 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44 auf. Wie noch ausgeführt ist, sind sämtliche Lineartaper asymmetrisch hinsichtlich der Längsachse 7 (vgl. Fig. 2) der Wellenleiter 3, 4 ausgebildet.

- Der erste Lineartaper 41 des einen Wellenleiters 4 verengt sich in Richtung seines an den anschließenden Lineartaper 42 angrenzenden Endes. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die rechte Längsseite des Tapers 41R geradlinig weiter verläuft und lediglich die im dargestellten Ausführungsbeispiel linke
30 Seite 41L, d. h. die dem anderen Wellenleiter 3 näher liegende Seite durch einen schrägen Verlauf eine Verengung bereitstellt.

- Der sich anschließende zweite Lineartaper 42 weist eine
35 Aufweitung auf. Es wird jedoch wiederum nur die zuvor verengte linke Seite 42L aufgeweitet, während die rechte Seite 42R geradlinig weitergeführt wird. Bei dem dritten und

vierten Lineartaper 43, 44 ist die Situation
spiegelsymmetrisch hinsichtlich des Kreuzungspunktes.

Entscheidend ist dabei, dass der jeweils nicht verengte oder
5 aufgeweitete Bereich 41R, 42R, 43L, 44L im eigentlichen
Kreuzungsbereich, d. h. zwischen dem zweiten und dem dritten
Lineartaper 42, 43 die Seite wechselt. Hierdurch
verwirklichen die beiden mittleren Lineartaper 42, 43 lokal
10 einen steileren Verlauf der Wellenleiterführung mit
veränderten Mittenachsen 10a, 10b. Durch den steileren
Verlauf ist der Kreuzungswinkel erhöht, so dass der
Kreuzungsverlust dementsprechend abnimmt. Der Kreuzungswinkel
 α ist somit gegenüber dem Winkel β , den die beiden
Wellenleiter 3, 4 außerhalb des Kreuzungsbereichs zueinander
15 einnehmen, lokal erhöht, vgl. Fig. 2.

In gleicher Weise sind auch die vier Lineartaper 31, 32, 33,
34 des anderen Wellenleiters 3 ausgebildet, so dass sich die
jeweiligen Erhöhungen des Kreuzungswinkels addieren.

20

Der Erfolg dieser Anordnung bei der Reduzierung von
Signalverlusten und eines Nebensprechens in einer
Wellenleiterkreuzung ist in Figur 5 grafisch dargestellt. Es
wurden wie anhand der Figur 4 beschrieben der Einfügeverlust
eines Wellenleiters mit 40 bis 60 Kreuzungen bei
verschiedenen Designvarianten und Kreuzungswinkeln von 5° bis
 85° gemessen. Die Einschnürungen bzw. Aufweitungen der
einzelnen Lineartaper lagen dabei bei $1\text{ }\mu\text{m}$ (Raute), $1,5\text{ }\mu\text{m}$
(Quadrat) und $2\text{ }\mu\text{m}$ (Dreieck).

30

Es fällt auf, dass bei allen drei Varianten für sämtliche
Winkel eine Verringerung des Kreuzungsverlustes erreicht
wird. Die Ausbildung mit einem Taper mit $1\text{ }\mu\text{m}$ Verjüngung bzw.
Verbreiterung erreicht dabei eine Reduzierung der
35 Kreuzungsverluste von 40 bis 60 % bei sämtlichen Winkeln.

Naturgemäß hängt das günstigste Maß der Einschnürung der einzelnen Lineartaper sowohl bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 als auch bei dem Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3 von der verwendeten Technologie ab. Aufgrund der mit einer Verkleinerung des Wellenleiterquerschnitts einhergehenden zunehmenden Neigung zur Abstrahlung des geführten Lichtes erfolgt eine Verengung bevorzugt um nicht mehr als etwa 50 % der Ausgangsbreite (a_1 bzw. b_1 in Figur 1).

Die in den Figuren 2 und 3 dargestellte Ausführungsform zur lokalen Erhöhung des Kreuzungswinkels der sich kreuzenden Wellenleiter weist den Vorteil auf, dass zur Realisierung eines lokal erhöhten Kreuzungswinkels auf einfache, standardisierte Strukturen, nämlich Lineartaper zurückgegriffen werden kann, die lediglich aneinander zu setzen sind. Hierdurch ist die Herstellung der verbesserten Wellenleiterkreuzungen relativ einfach und kostengünstig zu realisieren.

Zum Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3 ist weiter zu bemerken, dass diese Ausführung neben einer Verlustoptimierung auch die Herstellung und Reproduzierbarkeit der Wellenleiterkreuzung vereinfacht, da durch die Einschnürungen der außen liegenden Taper 31, 41, 34, 44 der spitze Winkel der Kreuzung erhöht wird. Spitze Winkel sind herstellungstechnisch etwa aufgrund auftretender Verrundungen allgemein schwierig zu realisieren.

Eine lokale Erhöhung des Kreuzungswinkels der sich kreuzenden Wellenleiter kann grundsätzlich jedoch auch auf andere Weise realisiert werden. Ein alternatives Ausführungsbeispiel hierzu ist in Figur 7 dargestellt. Figur 7 zeigt wiederum zwei sich kreuzende Wellenleiter 5, 6. Während der eine Wellenleiter 5 im dargestellten Ausführungsbeispiel vollständig geradlinig und ohne irgendwelche Verjüngungen oder Verbreiterungen ausgebildet ist, weist der andere Wellenleiter 6 einen bogenförmigen Bereich 61 auf.

Dies führt dazu, dass die beiden Wellenleiter 5, 6 sich im Kreuzungsbereich 9 unter einem größeren Kreuzungswinkel kreuzen, so dass der Kreuzungsverlust reduziert wird. Alternativ können auch beide Wellenleiter bogenförmig geführt sein.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausgestaltung nicht auf die vorstehend dargestellten Ausführungsbeispiele.

Beispielsweise werden in alternativen Ausführungsbeispielen statt Lineartaper anders geformte Taper eingesetzt, bei denen eine Einschnürung keinen linearen Verlauf besitzt, sondern anderen Funktionen gehorcht, etwa parabolisch ausgeführt ist. Auch können andere Materialsysteme als SiO_2 auf Si (beispielsweise das Materialsystem Lithiumniobat (LiNbO_3) oder InGaAsP auf InP) verwendet werden und das verwendete Design und die Größenordnungen anders gewählt sein.

Patentansprüche

1. Wellenleiterkreuzung mit einem ersten integriert optischen Wellenleiter (6) und einem zweiten integriert optischen Wellenleiter (7), die einander kreuzen,

dadurch gekennzeichnet,

dass mindestens ein Wellenleiter (1, 2, 3, 4, 5, 6) im Kreuzungsbereich eine verringerte Querschnittsfläche aufweist und/oder im Kreuzungsbereich lokal unter einem vergrößerten Kreuzungswinkel (α) gegenüber dem anderen Wellenleiter geführt ist.

2. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (1, 2, 3, 4, 5, 6) im Kreuzungsbereich eine verringerte Breite und/oder eine verringerte Höhe aufweist.

3. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (1, 2) ausgehend von einer Ausgangsbreite (a_1 , b_1) sich über eine definierte Länge in Richtung der Wellenleiterkreuzung (8) verengt und sich nach der Wellenleiterkreuzung (8) über eine definierte Länge wieder zu der Ausgangsbreite (a_1 , b_1) aufweitet.

4. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der sich verjüngende Bereich bzw. der sich aufweitende Bereich jeweils als Taper, insbesondere Lineartaper (11, 12, 21, 22) ausgebildet ist.

5. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Lineartaper (11, 12, 21, 22) sich in seiner Breite um einen Betrag von maximal 50

% verjüngt, insbesondere um einen Betrag zwischen 10 und 30 %, insbesondere um einen Betrag von 15 %.

5 6. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (1, 2) sich im Bereich des Lineartapers (11, 12, 21, 22) über eine Länge von ca. 400 μm von einer Breite von 6 μm um 0.5 bis 3 μm , insbesondere um 1 bis 2 μm , insbesondere um 1 μm verjüngt.

10 7. Wellenleiterkreuzung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beide Wellenleiter (1, 2) im Kreuzungsbereich einen verringerten Querschnitt aufweisen.

15 8. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine lokale Änderung der Wellenleiterverlaufs zur Erhöhung des Kreuzungswinkels (α) durch eine Mehrzahl von asymmetrisch ausgebildeten Lineartapern (31-34; 41-44) verwirklicht ist.

20 9. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wellenleiter (3, 4) im Kreuzungsbereich vier Lineartaper (31-34; 41-44) aufweist, wobei der Wellenleiter sich im ersten Lineartaper (31, 41) verjüngt, sich im zweiten Lineartaper (32, 42) aufweitet, sich im dritten Lineartaper (33, 43) verjüngt und sich im vierten Lineartaper (34, 44) wieder aufweitet, und wobei die eigentliche Wellenleiterkreuzung im Bereich der beiden mittleren Lineartaper (32, 33; 42, 43) erfolgt.

30 10. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Asymmetrie der Lineartaper (31-34; 41-44) dadurch gebildet ist, dass eine Verjüngung bzw. Aufweitung jeweils auf nur einer

Längsseite (41L, 42L) des Wellenleiters (41, 42) stattfindet, während die andere Längsseite (41R, 42R) geradlinig verläuft.

- 5 11. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass beim ersten und beim zweiten Lineartaper (31, 32; 41, 42) zwei geradlinige Seiten aneinander grenzen, beim dritten und beim vierten Lineartaper (33, 34; 43, 44) zwei geradlinige Seiten aneinander grenzen und die geradlinigen Seiten beim zweiten und beim dritten Lineartaper (32, 33; 42, 43) auf unterschiedlichen Seiten ausgebildet sind.

10

15

12. Wellenleiterkreuzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wellenleiter (6) im Kreuzungsbereich (9) bogenförmig geführt ist.

Zusammenfassung

Bezeichnung der Erfindung: Wellenleiterkreuzung.

- 5 Die Erfindung betrifft eine Wellenleiterkreuzung mit einem
ersten integriert optischen Wellenleiter (6) und einem
zweiten integriert optischen Wellenleiter (7), die einander
kreuzen. Erfindungsgemäß weist mindestens ein Wellenleiter im
Kreuzungsbereich eine verringerte Querschnittsfläche auf
10 und/oder ist mindestens ein Wellenleiter (3, 4) im
Kreuzungsbereich lokal unter einem vergrößerten
Kreuzungswinkel (α) gegenüber dem anderen Wellenleiter
geführt. Hierdurch können die in einer Wellenleiterkreuzung
auftretenden Signalverluste und ein Nebensprechen auch bei
15 relativ kleinen Kreuzungswinkeln reduziert werden.

(Fig. 2)

FIG 1

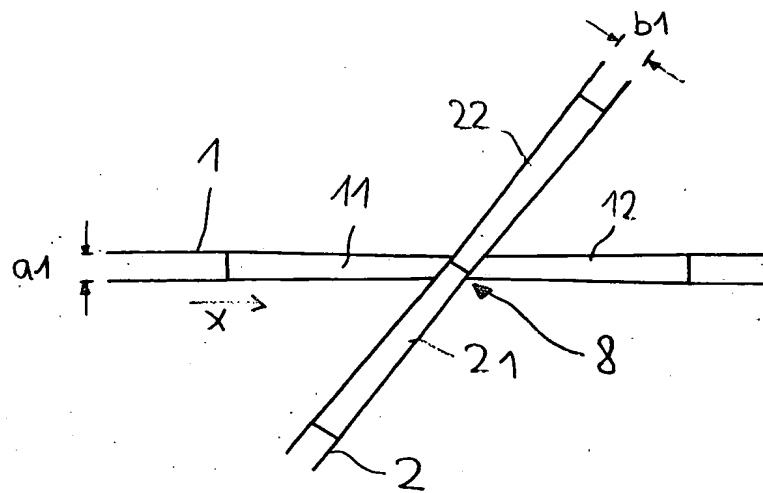


FIG 2

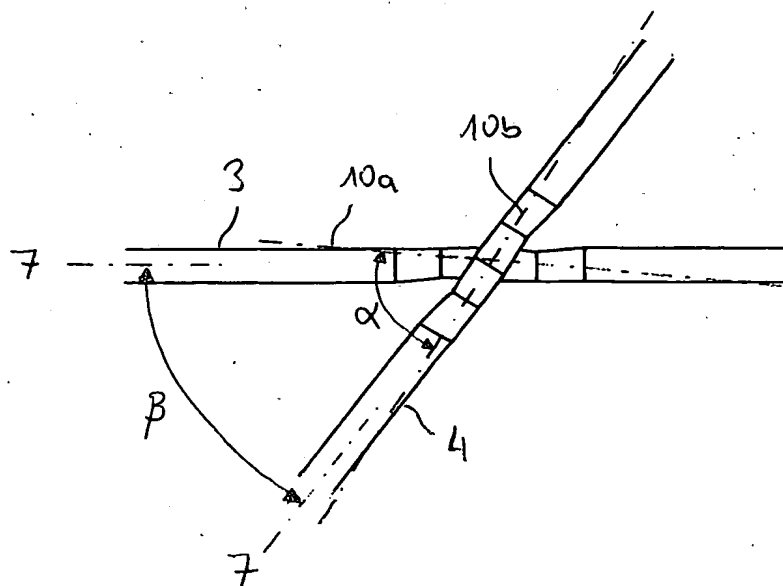


FIG 3

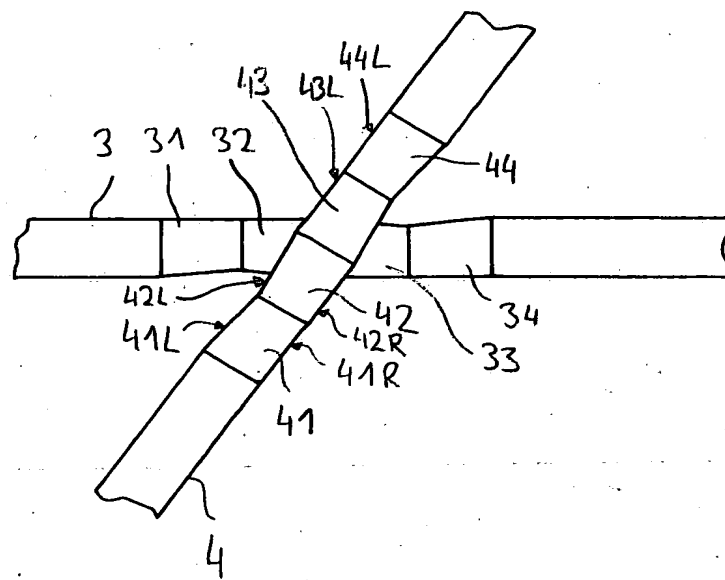


FIG 4

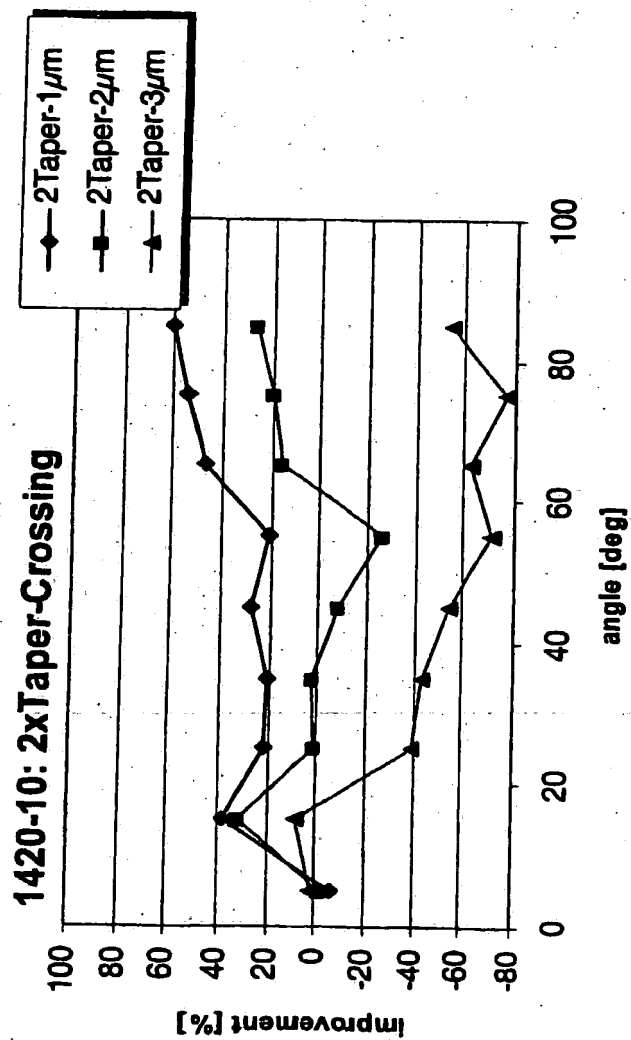


FIG 5

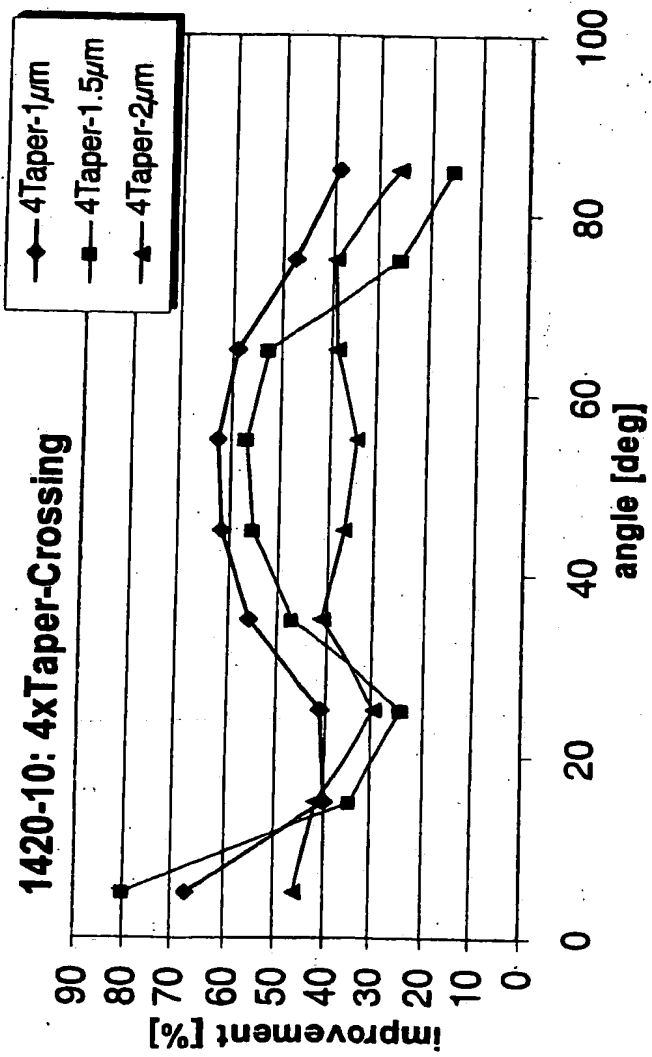


FIG 6

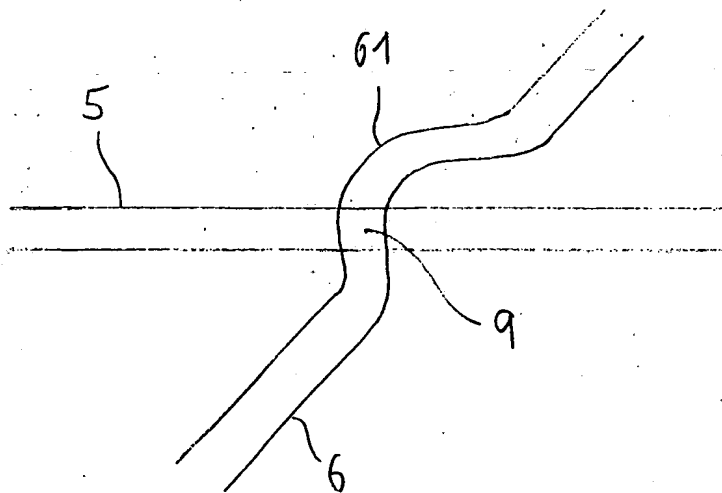
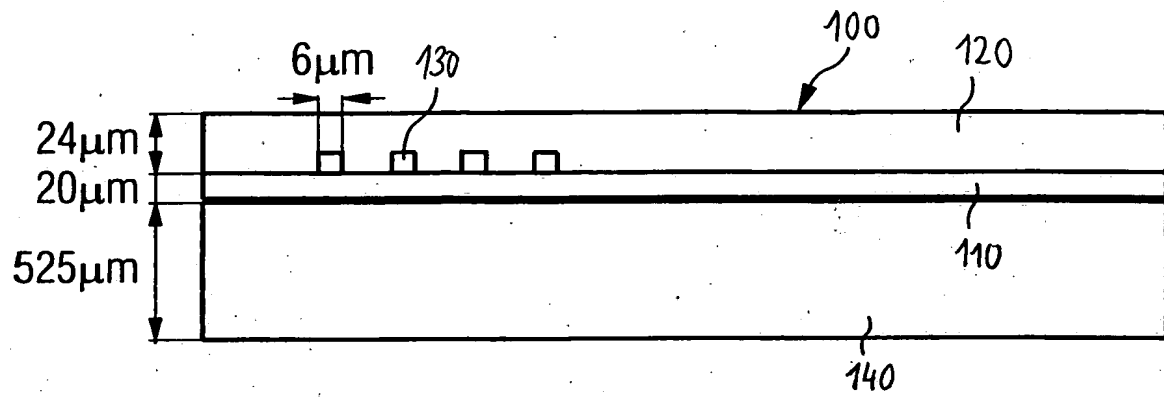


Fig. 7

FIG 2

